

内 容 提 要

本书收集了通信设备接地的设计、施工和维护方面的资料。通俗地介绍了接地的基本概念,较详细地论述了通信局(站)和通信设备的接地系统,以及各种类型接地的计算,并讨论了接地装置的设计、施工和维护的问题。

本书可供通信部门和有关部门的设计、施工和维护的工人、技术人员学习参考。

通 信 设 备 接 地 技 术

姜曰生 侯景韩 张 荅 编著

•
人 民 邮 电 出 版 社 出 版

北京东长安街27号

河北省邮电印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

•
开本: 787×1092 1/32 1982年12月 第 一 版

印张: 6 页数: 96 1982年12月河北第一次印刷

字数: 137 千字 印数: 1—8,600 册

统一书号: 15045·总2650-有5271

定价: 0.61 元

前 言

在通信局站和通信设备中，为了建立统一参考电位、为了减小通信系统间的相互干扰和减小通信系统受外界电磁场的影响，为了防止通信设备和工作人员遭受雷击和高压强电事故的危害，必须根据具体条件，对电源设备的外壳、通信机架、机房金属列架、电缆外皮、避雷器以及通信线的屏蔽部分进行有效的接地。也有些通信设备，是以大地作为回路，例如：“导线——大地”制的电话、电报，以及部分市话局间中继和远距离供电等，大地成为通信回路或传送控制信号的回路的组成部分。因此，离开了接地通信便无法完成。不难看出，接地问题是保证通信设备正常工作，提高通信质量和安全运行的极重要的一项技术措施。

本书收集了设计、施工和维护方面的资料，综合了国内外接地方面的成果，结合自己在实际工作中的体会，针对通信局站的特点和通信设备的要求，通俗地介绍了接地的基本概念，较详细地论述了通信局站和通信设备的接地系统，以及各种类型接地的计算，并讨论了接地装置的设计、施工和维护问题。本书可供邮电通信技术部门和有关部门的设计、施工和维护的工人和技术人员参考。

在编写过程中，季正益和蒋建初同志提出不少宝贵意见，在此表示感谢。

由于作者水平和经验有限，书中难免有错误和不当之处，恳切希望读者给予批评和指正。

作 者

目 录

第一章 概说	(1)
第一节 接地技术发展的概况	(1)
第二节 基本概念和定义	(3)
第三节 接地的目的和种类	(10)
第四节 通信局站接地系统的分类	(14)
第二章 有线通信设备接地电阻要求	(17)
第一节 通信局(站)接地电阻要求	(17)
第二节 通信线路接地电阻要求	(26)
第三章 土壤电阻率及其测量	(35)
第一节 概述	(35)
第二节 土壤电阻率的测量原理	(41)
第三节 均匀土壤与非均匀土壤电阻率	(46)
第四节 土壤电阻率的测量	(50)
第四章 接地体的计算	(58)
第一节 概述	(58)
第二节 均匀土壤中单一接地体的计算	(61)
第三节 非均匀土壤中单一接地体的计算	(74)
第四节 多个接地体的计算	(79)
第五节 深埋接地体的计算	(90)
第六节 接地体的冲击特性	(95)
第五章 有线通信局(站)的接地	(102)
第一节 有线通信局(站)的接地方式	(102)
第二节 各种类型有线通信局(站)的接地	(109)
第三节 接地系统的设计和施工安装	(121)

第六章	通信线路设备的接地	(135)
第一节	电缆线路设备的接地	(135)
第二节	木杆架空通信线路的接地	(139)
第三节	钢筋混凝土电杆架空通信线路的接地	(144)
第四节	无人维护增音站的接地	(147)
第七章	铁金属接地装置的设计及延长寿命的方法 ...	(153)
第一节	概述	(153)
第二节	工作接地装置的设计	(154)
第三节	保护接地装置的设计	(156)
第四节	减小接地体腐蚀的保护措施	(159)
第八章	接地电阻的测量及降低接地电阻的方法	(164)
第一节	接地电阻的测量	(164)
第二节	降低接地电阻的方法	(180)

第一章 概 说

第一节 接地技术发展的概况

各种设施的接地，是随着人们对电的现象的认识而开始的。接地技术又是随着电技术的发展而逐步发展起来的。

早在二百年前，美国富兰克林最先发现雷的现象是一个电气过程。为了避免建筑物遭受雷击灾害，他发明了建筑物上安装避雷针并与大地相连接，以避雷针和大地作为大气放电的导体，基本上解决了长期存在的天然灾害，其原理简单而又经济，直到如今仍作为建筑物防雷的行之有效的措施。

在人们对雷电认识的同时，在各个领域里出现了各种电气设备，并广泛地被人们所利用。在这种条件下，又产生了避免遭受触电危险而实行的安全保护接地。当然，如果能够使电气设备达到绝缘要求，在任何情况下确保绝缘不被击穿，也可以不需要接地。但是，从经济的意义上来考虑是不合算的；而且电气设备经过长期使用，电气绝缘往往会下降，有时不可避免发生绝缘破坏事故。

由于人们不断的探索，认识到防止雷电和高电压危险影响，接地是必不可少的措施之一。经过研究证明，大地能吸收大量的电能量，而且又具有保持电位不变的特性，因而大地适于作为电气系统的基准零电位。

在通信技术领域中，接地也同样具有重要的作用。例如，在有线通信方面，“导线—大地”制的电报电话，利用大地作

为信号回路的市内电话局间中继线路，以及利用大地作为远距离供电的载波通信中的供电回路；在无线通信方面，部分无线设备和遥控信号回路等，都是用大地构成电气回路的组成部分。不难看出，在这些传输回路中，离开了接地，通信便无法进行。

此外，就是不以大地作为通信回路的有线和无线设备中，为了统一基准电位、使电路工作稳定、通信质量良好；为了减小回路间的串杂音和外界电磁场的影响；以及为了保证通信设备和工作人员的安全，通信设备也需要接地。

解放以后，我国通信事业和国民经济各个部门一样，获得了很大的发展。在模拟频分制的通信方式中，使用的频率愈来愈高；时分制的通信方式也将广泛地采用。新技术新设备不断出现，1800路中同轴电缆载波系统，960路微波系统，以及电子交换机和自动转报设备等，都将大量的投产使用，这些都对接地技术提出新的要求。

从长期实践中发展起来的接地技术，又不断地充实了接地方面的理论，从而使人们主动地掌握了接地的规律。随着通信技术日新月异地发展，接地技术也不断地改进与提高。接地方式、接地材料和接地技术的进步，相应地对接地设计和安装提出了新的要求。

在接地系统方面，过去大都是采用星形接地系统，但自从有了同轴电缆以后，不可避免地经过同轴电缆外导体把同轴电缆两端的设备接地端子连接起来；而且近代通信机房又多是高大建筑物，而建筑物常常利用钢筋作为避雷针引下线，这样就可能使避雷线、机架和接地系统连接起来。为了适应这种情况，出现了网形混合接地系统。

在通信局(站)的交流电源系统中，多年来都采用三相四线

制供电，但由于近年来有许多新通信设备的投产使用，产生了50赫交流电通过零线系统对电子交换机或微波电视系统的干扰。为了解决这个问题，近年来在国际上逐步推广采用为三相五线制供电方式，以避免交流零线不平衡电流的影响。

在接地材料方面，为了减少岩层或土壤电阻率较高地区的接地电阻值，采用了化学接地体，或者采用深埋接地体。为了正确地设计接地装置和接地系统，相应地采用了一些技术措施，如提出了对多层结构土壤接地电阻的测量方法和网形接地电阻的测量方法。在维护使用方面采用自动监测接地电阻变化的装置。

如上所说，为了保证通信设备正常运行，则需要广大通信战线上的工人和工程技术人员，很好的了解和掌握通信设备的接地理论和知识，更好地为社会主义建设服务，为实现四个现代化而努力奋斗。

第二节 基本概念和定义

为了便于掌握通信设备的接地技术，首先必须对接地的基本概念和定义有一个比较清楚的了解，为此，将这些内容首先加以叙述。

一、接地体、接地装置和接地系统

1. 接地体

埋入地中并直接与土壤接触的导体，称为接地体。

接地体分为人工接地体和自然接地体两种：专为某设备接地需要埋入土壤中的接地体，称为人工接地体；兼作接地体用

的直接与大地接触的有关金属构件，如自来水管、暖气管等金属管道，以及通信电缆等，通常称为自然接地体。

2. 接地干线

接地体与地线排之间连接用的金属导线（此导线与土壤绝缘），称为接地干线。

3. 地线排（接地端子板）

汇集接地干线与接地线的端子排，称为地线排。

4. 接地线

通信设备的接地端子与地线排之间连接用的金属导线，称为接地线。

5 接地装置

由接地体与接地干线所组成的装置，称为接地装置。

6 接地系统

由接地体、接地干线、地线排和接地线所组成的系统，称为接地系统，如图1-1所示。

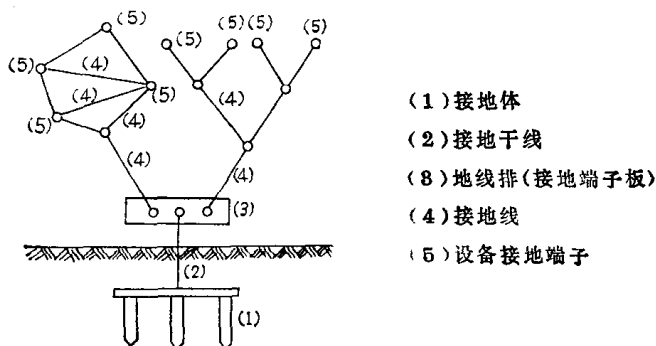


图 1-1 接地系统

二、接地和接地电阻

1. 接地

为了工作或保护的目的，电气设备的任何接地端子，通过接地系统与大地作良好的电气连接，称这种连接为接地。

2. 接地电阻

接地装置的接地电阻，是由接地干线的电阻、接地体本身的电阻、接地体与土壤的接触电阻，以及接地体周围呈现电流区域内的流散电阻等四部分所组成。

决定上述接地电阻四个因素中，接地干线是用来使电流安全流入大地，既要求不能因过载而使其发热，又要求有一定的机械强度，因此，接地干线是有相应截面的良导体，故其电阻是很小的。由于绝大部分的接地体采用角钢、钢管或其它良导体，其本身电阻是可以忽略不计的。而一般土壤是有一定湿度，土壤中的吸湿微粒紧紧地贴附在接地体上，接地体与土壤的接触电阻也可以不考虑。电流由接地体向大地流动时，愈靠近接地装置则电流密度愈大，而电流密度大的地区，流散电流所遇到的阻力愈大，也就是说，对电阻影响最大。从土壤电阻分布情况来看，90%以上的电阻集中在接地体周围的土壤。

从而不难看出，接地电阻是由接地干线的电阻和接地体周围土壤的流散电阻所组成，而主要的是后者，因此，有的称接地电阻为流散电阻。

一般将接地电阻定义为：接地体对地电阻和接地干线电阻的总和，接地电阻的数值等于接地装置对地电压与通过接地装置流入地中电流的比值。

接地电阻又分为：按通过接地装置流入地中工频电流求得的接地电阻，称为工频接地电阻。按通过接地装置流入地中冲击电流求得的接地电阻，称为冲击接地电阻。

三、土壤电阻率

当电流通过体积为单位立方米土壤的一侧，流到相对的另一侧时，在这个立方米土壤中所呈现的电阻，称为土壤电阻率，或称之大地电阻系数，也有的称之土壤比电阻。单位为欧·米。

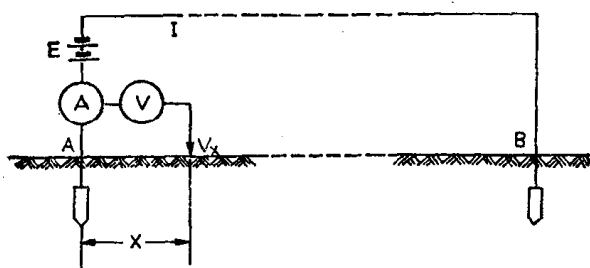
土壤电阻率是决定接地电阻的重要因素。它由土壤性质、含水量、温度、湿度以及土壤物理性质和化学成分所决定。

四、电气上的“地”和对地电压

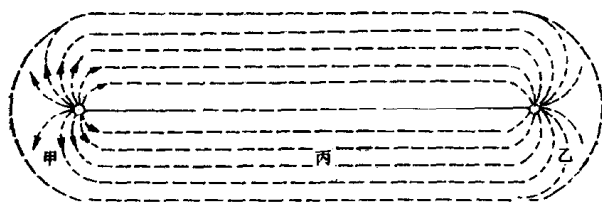
“地”或称为电气上的“地”，本身是一个体积巨大的导电物体，它能够吸收和储存大量电荷，并具有提供相对稳定电位的特性。因此在强电和通信设施中，都利用接地的方法来稳定电位，以达到降低危险电压和防止电磁干扰的目的。

如图1-2(a)所示，A、B是表示隔开相当距离的接地装置，它们和电源E构成电流回路，图1-2(b)表示在大地中接地装置间电流分布的近似图形。全部电流分为三个区域，在甲、乙两区电流密度大，靠近接地体电流密度最大，在丙区中，由于通过电流区域横截面积大，所以电流密度小，当两接地体距离为无穷远时，则丙区位于电流影响之外。

设在接地装置A、B间的大地上任一点至接地体A的距离为 x ，该点相对于零点的电位为 V_x ；接地体A相对于零点的电位为 V_A ， V_x 与 V_A 的比值为 K ，并以百分数表示。则 K 与 x 的关系曲线如图1-3所示。当大地土壤结构均匀，并且两接地



(a) 测量回路



(b) 由一个接地装置到另一个接地装置间的流散电阻区域

图 1-2 接地装置间的电流分布

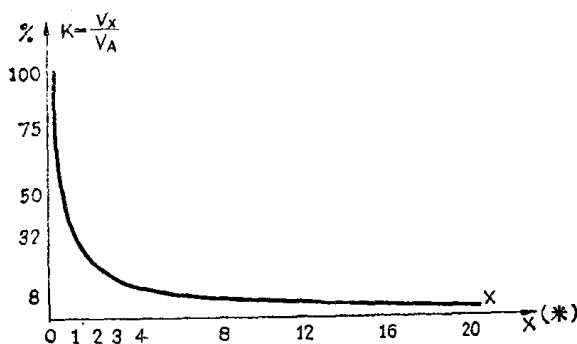


图 1-3 大地任意点的电位与接地体电位之比 K 随着接地体的距离 x 而变化的曲线

体形状相同时，零点恰好位于两接地体的正中间。我们可以从图1-3的曲线看出，在接地体附近，随着 x 的增加则电位显著下降，当 x 距 A 约20米远的地方电位已仅为最大电位的2%。该20米数值是对某一接地电阻值和某一大地导电率的单极接地

体而言的数值。在大地电位等于或小于最大电位的 $2 \sim 5\%$ 的点，在实用上可以认为是零电位点。当接地装置的接地电阻值和大地导电率值不同时，零电位点距接地装置的距离也不同。例如当接地体是单根 2 英寸径 2.5 米长钢管、管顶埋深 0.7 米，土壤电阻率为 $100 \text{ 欧} \cdot \text{米}$ 时，大地电位等于最大电位的 2% 的那一点距接地体的距离为 26 米左右，如果将 4 根这样的钢管等距离排成直径 6 米的圆环形，则大地电位等于 5% 最大电位的那一点距接地体圆环中心的距离为 32 米左右，大地电位等于 2% 最大电位的那一点距接地体圆环中心为 80 米左右。对于多根接地体组成的大规模接地装置或接地网而言，试验表明，零电位点到接地装置中心的距离一般为等于或大于该接地装置或接地网对角线长度的 $3 \sim 5$ 倍。

对于电位等于零的地方，称为电气上的“地”。电气设备的接地部分，如接地外壳、接地线和接地体等，与大地零电位点之间的电位差，称作接地时的对地电压，如图 1-4 所示。

从接地装置到该装置的零电位点之间的区域可称为该装置的接地电流扩散区。为了避免两个接地装置的相互影响，最好使它们各自的电流扩散区不互相重叠或尽量减少重叠，这就对接地装置间的距离提出要求，在两个单极接地体之间，应不小于 40 米。多极接地体构成的接地装置之间的距离应视其零电位点的位置而定。

五、接触电压和跨步电压

1. 接触电压

在接地短路回路中，当一个人同时触及到两点，这时在这两点间所呈现的电位差，称为接触电压。接触电压通常以地面

水平距离0.8米，垂直距离1.8米两点之间的电位差计算。如图1-4所示，人触及到发生碰壳的电气设备外壳时，所遭受到的接触电压 V_c ，等于电气设备的对地电压 V_d 和脚所站的地方的电位 V_1 之差，即

$$V_c = V_d - V_1 \quad (1-1)$$

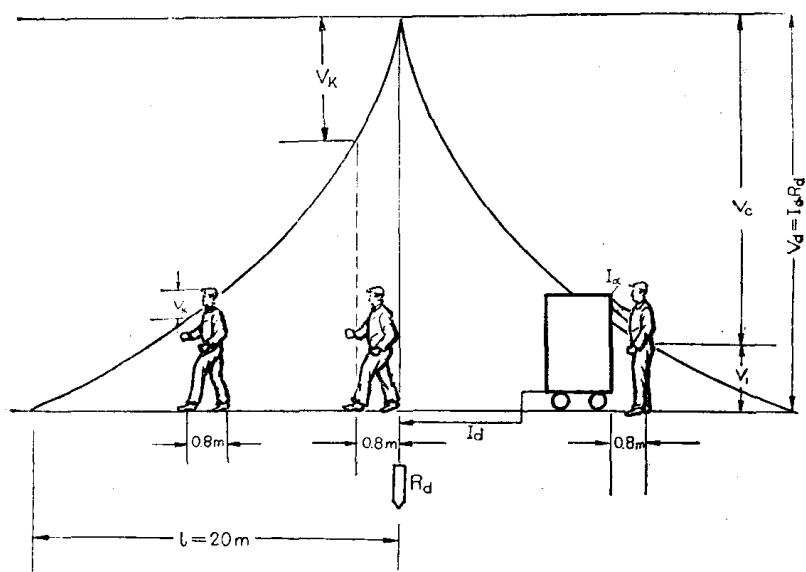


图 1-4 对地电压、接触电压和跨步电压示意图

脚所站的地方距接地体处（或碰地处）愈远，则接触电压愈大。在距单根接地体（或碰地处）约20米以外的地方，接触电压可达到电气设备的对地电压。

2. 跨步电压

当电气设备碰壳或电力系统一相碰地时，则有电流向接地体或碰地处四周扩散，而在地面上呈现不同的电位分布，如图1-4所示。当人的两脚站在不同电位的地表面上，两脚水平相距

0.8米时所呈现的电位差，称之为跨步电压。跨步电压 V_k 等于人一只脚所站处的电位 V_2 和另一只脚所站处的电位 V_3 之差。即

$$V_k = V_2 - V_3 \quad (1-2)$$

跨步电压的大小，随着与接地体或碰地处之间的距离而变化。当人的一脚踏在接地体或碰地处，跨步电压最大；当人的两脚离接地体或碰地处愈远时，跨步电压愈小。理论上距接地体无穷远（实际上对单极接地体20米）处，则跨步电压接近于零。

第三节 接地的目的和种类

按照接地的目的和作用的不同，有以下几种接地：

一、工作接地

在通信系统中，为了保证通信系统正常运行而设置的接地，称为工作接地。工作接地的目的是：

1. 利用大地传输电能和信息

在电信设施中，有的利用接地的办法，把大地作为通信回路导线之一来传输电能和信息。例如：“导线—大地”制的电报电话；电缆载波通信和海底电缆通信的远距离供电；以及自动电话局间控制电路等，如图1-5所示。

2. 降低电信回路间的串音

当电话线路对地绝缘较低时，一对线路上的讲话电流，可能通过土壤而流到另一对线路上返回电话交换设备，从而引起

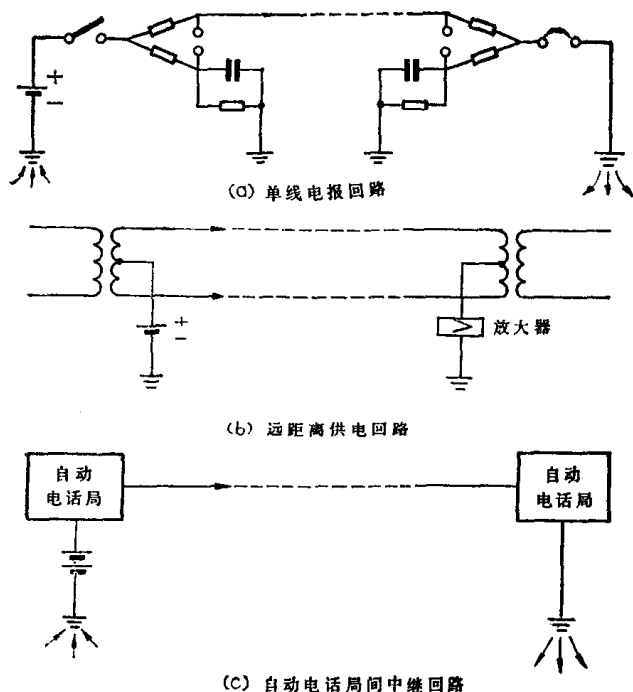


图 1-5 工作接地的实例

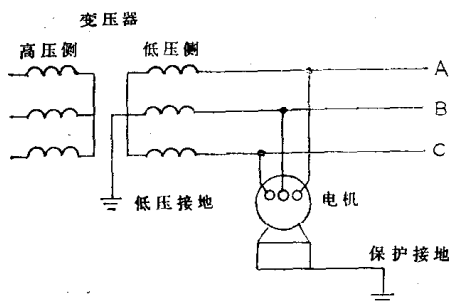
串话。如果将交换设备电池的一个极接地，一部分泄漏的讲话电流就可以通过大地流返电池的一个接地极，因此，降低了串话电平，提高了传输质量。

3. 抑制电信线路中的电磁干扰

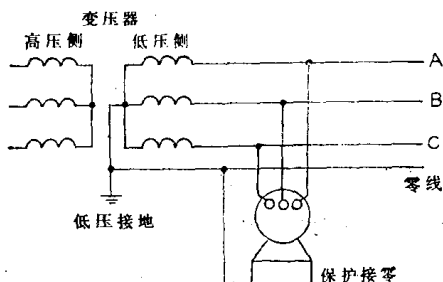
通信电缆，在高频电磁场的作用下，电缆护套和心线上将感应出相当大的纵向电压。由于电缆心线往往存在不对称性，这种纵向电压在心线的终端形成横向的杂音电压而引起干扰。当将电缆护套两端接地，则护套便能产生屏蔽作用，于是在一定程度上抑制干扰电压。

二、强电保护接地

为了防止电气设备因绝缘破坏而造成触电的危险，常常将与带电部分相绝缘的电气设备机架同接地装置相连接，称这种



(a) 保护接地示意图



(b) 保护接零示意图

图 1-6 强电保护接地

金属部分与系统中的零线相连接，以避免设备和人身遭受触电的危险，称这种方法为保护接零，如图1-6(b)所示。

连接为保护接地，如图1-6(a)所示。

但是，采用保护接地这种方法，往往受到回路额定工作电流的限制，即使将接地电阻做得非常小，仍不能通过保护接地来切断事故回路。所以，在低压三相四线制中性点接地系统中，电气设备的金属外壳或机架，可以采用保护接零的方法。即将电气设备在正常情况下不带电的

三、防雷保护接地

1. 通信设备防雷保护接地

当通信缆线在局(站)外遭受直击雷或雷电感应时，雷电

冲击电压和冲击电流将沿着电信线路传到局(站)终端,并对通信设备造成危害。因此必须在线路终端及通信设备的入口处,加装保护装置和保护器件,将雷电冲击电流旁路入地,并将冲击电压限制在允许范围内,为这一目的而设置的接地,称为通信设备的防雷保护接地,如图1-7所示。

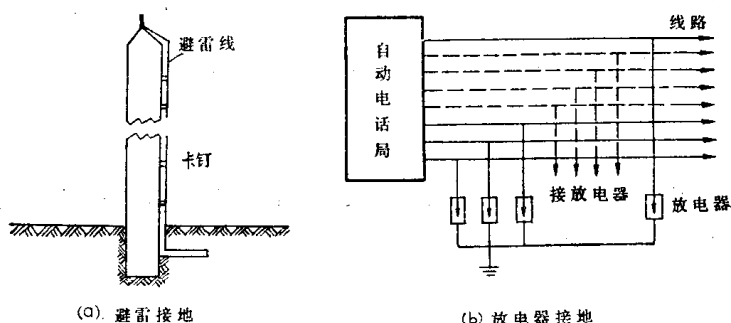


图 1-7 防雷保护接地

2. 建筑物防雷保护接地

高层建筑通信大楼遭受雷击可能性较大,必须对建筑物安装防雷接地。它是由接闪器、引下线和接地装置三者所组成的接地系统。当雷击发生时,雷电流通过防雷接地系统而泄入大地,以保证建筑物免受雷击损坏,并保证设备和人身的安全。

四、通信线路接地

为了减少通信线路受外界电磁场的危险影响和干扰影响,和保护电缆免受雷击,将电缆金属外护套(外皮和铠装)接地,用以增加屏蔽和防护效果。

五、静电屏蔽接地

为了防止外界电场干扰,和电气回路间的直接耦合,可以